

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORITIS**

#### **2.1 Proyek Konstruksi**

Proyek didefinisikan sebagai suatu kegiatan yang berlangsung dalam jangka waktu terbatas, dengan alokasi sumber daya tertentu, dan dimaksudkan untuk melaksanakan tugas yang sarasanya telah digariskan dengan jelas (Soeharto, 2001: 1). Proyek konstruksi adalah proyek yang berkaitan dengan upaya pembangunan bangunan infrastruktur. Proyek konstruksi pada umumnya mencakup pekerjaan pokok yang termasuk dalam bidang teknik sipil dan arsitektur serta disiplin ilmu di bidang lainnya. Proyek konstruksi dimulai dari timbulnya prakarsa dari pemilik untuk membangun yang dalam proses selanjutnya akan melibatkan berbagai unsur seperti penyedia jasa konstruksi dan pengguna jasa konstruksi (Dipohusodo, 1996: 69).

##### **2.1.1 Unsur-unsur Pengelola Proyek Konstruksi**

Proyek konstruksi dimulai sejak timbulnya prakarsa dari pengguna jasa konstruksi untuk membangun yang dalam proses selanjutnya akan melibatkan dan sekaligus dipengaruhi perilaku berbagai unsur seperti para perencana konstruksi, pelaksana konstruksi, dan pengguna jasa konstruksi sendiri (Dipohusodo, 1996: 70).

Dalam kenyataannya proyek konstruksi tidak hanya melibatkan ketiga unsur di atas tetapi ada unsur lain seperti halnya sub pelaksana konstruksi, supplier dan lain-lain terlibat dalam proses pelaksanaan proyek konstruksi.

## **2.2 Quality Control (Pengendalian Mutu)**

*Quality Control* pekerjaan proyek konstruksi harus diarahkan pada upaya untuk memenuhi persyaratan dan segenap kebutuhan pemberi tugas. Seperti diketahui persyaratan tersebut dinyatakan dalam bentuk kriteria perencanaan yang akan memandu keseluruhan proses rekayasa, perencanaan dan penyusunan spesifikasi teknis. QC bersifat mendasar dan harus diterapkan pada seluruh tahapan proyek, baik pada perencanaan maupun konstruksi fisiknya.

### **2.2.1 Definisi Mutu**

Mutu merupakan sasaran pengelolaan proyek disamping biaya dan jadwal. Mutu dapat didefinisikan sebagai sifat dan karakteristik produk atau jasa yang membuatnya memenuhi kebutuhan pelanggan atau pemakai (Soeharto, 2001: 277). Definisi mutu yang sering diasosiasikan dengan proyek adalah *fitness for use*. Istilah ini selain memperhatikan sifat dan karakteristik obyek, juga memperhatikan masalah tersedianya produk, keandalan dan masalah pemeliharaan.

### **2.2.2 Definisi Quality Control (Pengendalian Mutu)**

Dalam suatu proyek, untuk mencapai keadaan *fitness for use* perlu adanya pengelolaan mutu dengan benar dan tepat yang bertujuan mencapai persyaratan

mutu proyek sesuai standar yang ada. *Quality Control* adalah berbagai teknik dan kegiatan untuk memantau, mengevaluasi dan menindaklanjuti agar persyaratan mutu yang telah ditetapkan tercapai.

Pengendalian mutu (QC) adalah bagian dari penjaminan mutu (QA) yang memberikan petunjuk dan cara-cara untuk mengontrol kualitas material, struktur, komponen atau sistem agar memenuhi keperluan yang telah ditentukan (Soeharto 2001: 284). Selebihnya QC meliputi tindakan-tindakan yang berupa pengetesan, pengukuran, dan pemeriksaan untuk memantau apakah kegiatan-kegiatan *engineering*, pembelian, manufaktur, konstruksi dan kegiatan lain untuk mewujudkan sistem (instalasi atau produk hasil proyek) telah dilakukan sesuai dengan kriteria yang digariskan.

Dari beberapa pengertian diatas, dapat disimpulkan bahwa *Quality Control* adalah teknik atau aktivitas operasional untuk menjaga kualitas produk atau jasa sesuai dengan syarat yang dispesifikasikan, termasuk menggunakan teknik dan aktivitas tersebut (Nugraha, 2007: 299).

### **2.2.3 Metode Pengendalian Mutu (QC)**

Pengendalian mutu merupakan sebuah proses yang berkesinambungan yang terdiri dari 4 (empat) kegiatan utama. Keempat kegiatan utama tersebut sering disebut PDCA yaitu *plan*, *do*, *check* dan *action*. Keempat kegiatan tersebut dalam proyek konstruksi dapat diuraikan secara lebih lanjut sebagai berikut:

## 1. Perencanaan Pengendalian Mutu (*Plan*)

Pada tahap ini, disusun rencana pengendalian mutu suatu pekerjaan yang secara spesifik ditujukan untuk pekerjaan yang dimaksud, dalam hal ini disusun rencana QC bahan beton, beton segar dan beton keras. Pada tahap ini dokumen atau peraturan mutu standar yang menjadi pedoman dasar, filosofi, dan kebijakan mutu direncanakan sesuai pekerjaan yang akan dilaksanakan. Perencanaan pengendalian mutu meliputi:

### a. Perencanaan Pedoman Standar Mutu

Perencanaan pedoman standar mutu adalah perencanaan standar yang akan diberlakukan. Semua standar dan kriteria yang berkaitan dengan inspeksi dan tes serta prosedur yang menyertainya hendaknya dicantumkan di dalam program yang bersangkutan. Standar mutu dapat mengacu pada spesifikasi teknis yang ada dengan berpedoman pada peraturan yang ada seperti SK.SNI.

### b. Perencanaan Metode Pengendalian Mutu

Perencanaan metode pengendalian mutu termasuk rencana cara pengujian mutu dan penentuan titik inspeksi. Perencanaan metode pengendalian mutu pada umumnya meliputi hal-hal sebagai berikut (Soeharto, 2001: 285):

- Perencanaan Cara Pengujian Mutu

Cara pengendalian mutu yang sering diimplementasikan di lapangan secara garis besar dilakukan dalam 3 (tiga) cara yaitu:

### 1. Pengecekan dan Pengkajian di Lapangan

Hal ini dilakukan terhadap proses pelaksanaan konstruksi lapangan, gambar untuk konstruksi, perhitungan yang berkaitan dengan desain *engineering*.

### 2. Pemeriksaan dan Uji Kemampuan Peralatan

Pekerjaan ini berupa pemeriksaan fisik, termasuk menyaksikan uji coba berfungsinya suatu peralatan. Kegiatan ini meliputi pemeriksaan sewaktu menerima material peralatan termasuk, suku cadang, dan lain-lain yang baru diterima dari pembelian.

### 3. Pengujian dengan Mengambil Contoh

Cara ini dimaksudkan untuk menguji apakah material/hasil pekerjaan telah memenuhi spesifikasi atau kriteria yang ditentukan. Pengujian dapat berupa test destruktif atau nondestruktif yang dilakukan terhadap contoh yang diambil dari obyek yang diselidiki.

- Perencanaan Titik Inspeksi dan Tes

Titik inspeksi dan tes ditentukan sepanjang siklus pekerjaan yang dilaksanakan (dalam hal ini siklus pekerjaan beton). Pada setiap titik tersebut diperinci apa yang akan dilakukan, misalnya menyebutkan macam inspeksi dan tes serta metode atau referensi standar tertentu. Demikian pula kriteria penerimaan dan penolakan (*acceptance dan rejection*).

### c. Perencanaan Organisasi Pengendalian Mutu

Dalam program pengendalian mutu dibutuhkan sebuah bagian dari organisasi industri jasa konstruksi yang bertugas khusus menangani masalah mutu.

Kegiatan bagian ini tidak langsung menangani kegiatan *engineering*, pembelian, atau konstruksi, tetapi mengadakan pemantauan agar pekerjaan itu memenuhi kriteria dan spesifikasi yang ditentukan (Soeharto 2001: 281).

d. Perencanaan dokumen dan peralatan pendukung

Dokumen dan peralatan pendukung yang dimaksud disini adalah format dokumen pengendalian mutu seperti *check list*, berita acara, panduan kerja dan lain-lain. Peralatan pendukung misalnya alat pengujian seperti kerucut *slump test*, peralatan dokumentasi (kamera) dan lain-lain.

**2. Implementasi Pengendalian Mutu (*Do*)**

Implementasi adalah penjabaran dari rencana pengendalian mutu menjadi sebuah sistem atau metode yang dapat diaplikasikan dalam pekerjaan di lapangan. Pada tahap ini semua rencana, pedoman jadwal dan aspek yang terkait diwujudkan menjadi sebuah prosedur yang akan menjadi pedoman bagi pelaksanaan lapangan. Pada tahap ini semua dokumen, elemen yang terlibat dan peralatan yang diperlukan disiapkan dan mulai diberikan kepada personil yang akan menerapkan sistem pengendalian mutu. Metode yang dipakai dalam implementasi pengendalian mutu tergantung pada jenis obyek dan ketetapan yang diinginkan (Soeharto, 2001: 285).

### 3. Kegiatan Inspeksi Hasil Pengendalian Mutu (*Check*)

Inspeksi sendiri merupakan kegiatan mengkaji karakteristik obyek dalam aspek mutu sesuai dengan suatu standar yang telah ditentukan. Secara lengkap kegiatan inspeksi meliputi (Soeharto, 2001: 284):

- a. Menentukan standar dan spesifikasi yang akan digunakan.
- b. Mengukur dan menganalisa karakteristik obyek.
- c. Menganalisa hasil pengukuran terhadap standar dan spesifikasi.
- d. Membuat keputusan dan kesimpulan atas hasil analisa.
- e. Membuat catatan atas proses inspeksi.

Pada akhirnya inspeksi akan memberikan keputusan penilaian atas mutu obyek yang diperiksa berdasarkan standar mutu yang ditentukan. Dengan demikian akan diketahui apakah obyek memenuhi standar (*conformance*) atau tidak memenuhi standar (*non conformance*). Suatu obyek yang telah memenuhi spesifikasi berarti dimasa yang akan datang dapat terus digunakan, sedangkan bagi obyek yang tidak memenuhi maka memerlukan analisa lebih lanjut mengenai kemungkinan dilakukannya perbaikan untuk meningkatkan mutu dengan mempertimbangkan aspek *fitness for use* dan aspek ekonomi.

### 4. Tindakan Lanjutan (*Action*)

*Action* atau tindakan lanjutan yang dimaksud disini adalah tindakan koreksi yang perlu dilakukan apabila terdapat hasil pekerjaan yang tidak memenuhi standar mutu (*non conforming product*). *Action* dapat berupa

bermacam-macam tindakan tergantung dari permasalahan yang ditemukan di lapangan.

Dalam penelitian ini, QC pekerjaan beton mencakup bahan beton, beton segar dan beton keras.

### **2.3 Beton**

Beton merupakan fungsi dari bahan penyusunannya yang terdiri dari bahan semen hidrolis (*portland cement*), agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah (Mulyono, 2005: 3). Untuk mengetahui dan mempelajari perilaku elemen gabungan (bahan-bahan penyusun beton), kita memerlukan pengetahuan mengenai karakteristik masing-masing komponen.

Dalam usaha untuk memahami karakteristik bahan penyusun campuran beton sebagai dasar perancangan beton, Departemen Pekerjaan Umum melalui LPMB banyak mempublikasikan standar-standar yang berlaku. DPU-LPMB memberikan definisi tentang beton sebagai campuran antara semen portland atau semen hidrolis yang lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan membentuk massa padat (SK.SNI T-15-1990-03: 1).

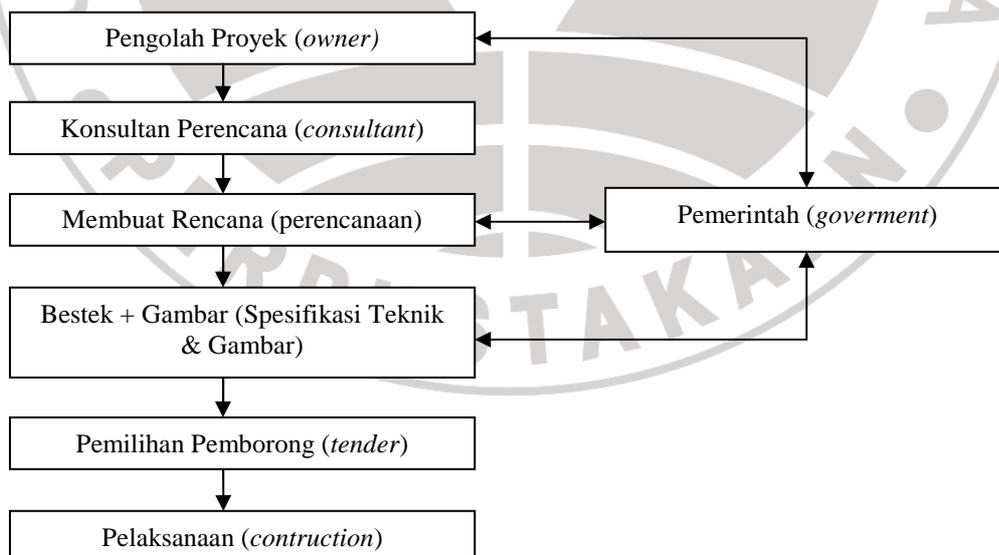
#### **2.3.1 Aktivitas Pekerjaan Beton**

Pekerjaan beton tidak hanya terdiri dari satu titik kegiatan, tetapi terdiri dari beberapa kegiatan yang saling berhubungan. Setiap aktivitas kegiatan tersebut harus dikontrol agar hasilnya sesuai dengan yang direncanakan.

Proses pembangunan sebuah struktur dapat diterangkan dengan bagan di Gambar 2.1. Gideon (Mulyono, 2005: 13). Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa salah satu proses yang penting adalah perencanaan.

Pada perencanaan pembangunan dituntut kerjasama yang baik antara pengelola proyek, pemilik dan konsultan perencana serta antara konsultan perencana, penasihat dan pelaksana. Disamping harus dapat menerjemahkan keinginan pemilik, pelaksana dan pengelola proyek harus memahami ketentuan-ketentuan dari instansi pemerintah karena perencanaan beton harus memenuhi standar mutu yang telah ditetapkan oleh pemerintah.

Berdasarkan bagan diatas, aktivitas utama pada saat pelaksanaan yang dilakukan oleh kontraktor dibawah pengawasan konsultan perencanaan dan konsultan supervisi. Pekerjaan beton dimulai jika telah ada penunjukan atau perintah kerja dari pemilik.



Sumber : Teknologi Beton (Mulyono, 2005: 14)

**Gambar 2.1 Bagan Alir Perencanaan Pembangunan**

Kegiatan perencanaan beton dimulai dari *quarry* atau tempat penambangan sumber alam. Perencana harus mengambil contoh-contoh material yang akan digunakan, sesuai dengan ketentuan standar baku yang telah ditetapkan. Pengambilan contoh ini dilakukan secara acak (random) agar sifat-sifat bahan yang akan diuji terwakili. Contoh uji ini kemudian dibawa ke laboratorium untuk dicek dan diuji. Jika parameter besaran yang dimiliki masing-masing bahan tersebut telah sesuai dengan syarat diberikan (*code standard*), bahan tersebut dapat digunakan. Jika bahan yang diuji tidak memenuhi syarat, pelaksana harus mencari sumber bahan yang lainnya atau mencampur bahan yang mutunya kurang dengan bahan lainnya sehingga komposisi bahan yang dihasilkan sesuai dengan syarat yang ditentukan. Setelah nilai masing-masing bahan tersebut diperoleh, perancangan beton (*mix design*) harus dilakukan dengan metode-metode yang dikenal. Di Indonesia, pekerjaan-pekerjaan milik pemerintah harus menggunakan standar yang telah ditetapkan oleh pemerintah. Standar baku ini dulu dikenal sebagai Standar Industri Indonesia namun saat ini telah direvisi dan dikembangkan menjadi Standar Nasional Indonesia (SNI).

Setelah perancangan beton selesai, perlu dilakukan pengujian lanjutan melalui pengujian campuran beton di laboratorium. Pengujian campuran beton ini meliputi pengujian beton segar dan pengujian beton keras. Pengujian beton segar dimaksudkan untuk mengetahui *workability* atau kemudahan dalam pengerjaannya. Indikator dari kemudahan dalam pengerjaan ini dapat dilihat dari nilai *slump* beton. Tujuan pengujian beton segar lainnya untuk melihat apakah terjadi *bleeding* dan *segregation* atau tidak.

Pengujian beton keras terutama dimaksudkan untuk mengetahui kekuatan tekan karakteristik dari beton tersebut ( $f^c$ ). Pengujian ini dilakukan dengan membuat benda uji silinder yang pada umur tertentu diuji. Jika benda uji tersebut tidak lulus pada pengujian ini, harus dilakukan perancangan ulang campuran sampai didapatkan komposisi yang disyaratkan dalam spesifikasi teknis yang dibuat oleh pemilik.

Setelah pembuatan campuran di laboratorium selesai dilakukan, proses selanjutnya adalah membawa hasil komposisi *mix design* tersebut sebagai *Job Mix Formula* (JMF) ke tempat pengolahan beton. Tempat pengolahan berupa pengolahan yang menggunakan mesin *mixing* biasa (molen) maupun pengolahan beton yang besar (*concrete plant*) selama masa pengolahan beton ini berjalan, proses pengawasan kualitas harus tetap dilakukan oleh kontraktor, di bawah pengawasan konsultan pengawas. Jika terjadi perubahan terhadap parameter bahan penyusun beton, pengujian laboratorium harus dilakukan lagi sebagai *quality control* bahan-bahan komposisi beton. Dari *concrete plant*, beton dibawa ke tempat pengerjaan beton, yakni tempat pengecorannya. Selama masa pengangkutan, beton segar tersebut harus tetap dijaga agar tidak mengalami kehilangan faktor air semen yang dapat mengakibatkan menurunnya kekuatan tekan beton. Hal ini dilakukan agar beton yang dihasilkan sesuai dengan yang diinginkan.

Selama masa pelaksanaan pun proses kontrol tidak boleh dihentikan. Pada masa ini, pelaksanaan pengecoran, pemadatan, perawatan dan penyelesaian harus diawasi. Setelah beton mengeras dan berumur 28 hari, uji tekan untuk mengetahui

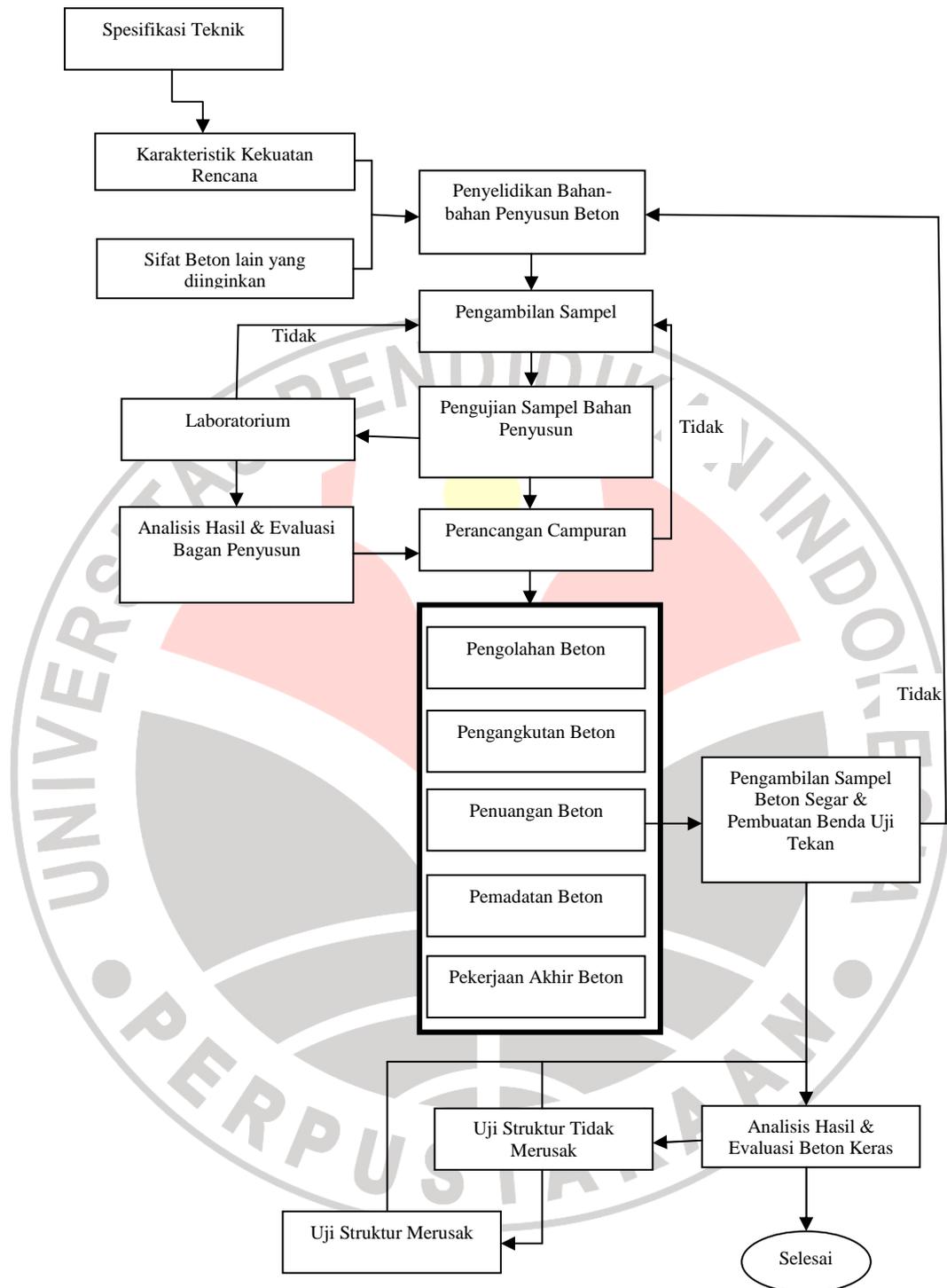
kekuatannya harus dilakukan. Jika pengujian tersebut tidak dilakukan, dapat dilakukan tindakan lain sesuai dengan syarat evaluasi beton keras. Pengujian dapat dilakukan dengan *core drill* dan *load test* atau dengan merancang ulang mekaniknya dengan menggunakan mutu beton aktualnya ( $f'_{ca}$ ). Bagan alir aktivitas pekerjaan beton dapat dilihat pada Gambar 2.2.

### 2.3.2 Pengujian Bahan Beton

#### 1. Pengujian Semen Portland (*Portland Cement*)

Semen portland adalah bahan konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan beton. Menurut ASTM C-150, 1985, semen portland didefinisikan sebagai semen hidrolis yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolis, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya (Mulyono, 2005: 2007).

Semen yang digunakan untuk pekerjaan beton harus disesuaikan dengan rencana kekuatan dan spesifikasi teknis yang diberikan. Pemilihan tipe semen ini kelihatannya mudah dilakukan karena semen dapat langsung diambil dari sumbernya (pabrik). Fungsi utama semen adalah mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara di antara butir-butir agregat. Walaupun komposisi semen dalam beton hanya sekitar 10%, namun karena fungsinya sebagai bahan pengikat maka peranan semen menjadi penting.



Sumber : Teknologi Beton (Mulyono, 2005: 16)

**Gambar 2.2 Bagan Alir Aktivitas Pekerjaan Beton**

Semen portland yang digunakan untuk konstruksi sipil harus memenuhi syarat mutu yang dipergunakan adalah SII.0013-81, "Mutu dan Cara Uji Semen Portland". Syarat mutu yang ditetapkan oleh SII ini diadopsi dari syarat mutu ASTM C-150.

### Syarat Mutu Semen Portland, SII.0013-81 (ASTM.C-150)

Tabel 2.1 Syarat Kimia Semen Portland

URAIAN	Jenis Semen				
	I	II	III	IV	V
MgO, %, maksimum	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
SO <sub>3</sub> , %, maksimum					
C <sub>3</sub> A ≤ 8.0%	3.0	3.0	3.5	2.3	2.3
C <sub>3</sub> A ≤ 8.0%	3.5	-	4.5	-	-
Hilang pijar, % maksimum	3.0	3.0	3.0	2.5	3.0
Bagian tak larut, % maksimum	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Alkali sebagai Na <sub>2</sub> O, % maksimum	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6

Sumber : Teknologi Beton (Mulyono, 2005: 44)

Tabel 2.2 Syarat Fisika Semen Portland

No	Uraian	Tipe Semen				
		I	II	III	IV	V
1	Kehalusan: Sisa diatas ayakan 0.09 mm, % maksimum	10	10	10	10	10
	Dengan alat Vicat Blainey	2800	2800	2800	2800	2800
2	Waktu pengikatan ( <i>setting time</i> ), menggunakan alat "Vicat"					
	Awal, menit minimum	45	45	45	45	45
	Akhir, jam maksimum	8	8	8	8	8
	Waktu pengikatan ( <i>setting time</i> ), menggunakan "Gillmore"					
	Awal, menit minimum	60	60	60	60	60
	Akhir, jam maksimum	10	10	10	10	10

3	Kekalan:Pemuaian dalam autoclave, maksimum	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
4	Kekuatan tekan: 1 hari kg/cm <sup>2</sup> , minimum 1 + 2 hari kg/cm <sup>2</sup> , minimum 1 + 6 hari kg/cm <sup>2</sup> , minimum 1 + 27 hari kg/cm <sup>2</sup> , minimum	- 125 200 -	- 100 175 -	125 250 - -	- - 70 175	- 85 150 210
5	Pengikatan semu (false set) Penetrasi akhir,k % minimum	50	50	50	50	50
6	Panas hidrasi 7 hari, cal/g, maksimum 28 hari,k cal/g, maksimum	- -	70 80	- -	60 70	- -
7	Pemuaian karena sulfat: 14 hari,k % maksimum	-	-	-	-	0.45*)

Sumber : Teknologi Beton (Mulyono, 2005: 45)

## 2. Pengujian Agregat

Agregat adalah butiran mineral yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar dan beton. Mengingat bahwa agregat menempati 70-75% dari total volume beton (Nugraha, 2007: 43), maka kualitas agregat sangat berpengaruh terhadap kualitas beton. Dengan agregat yang baik, beton dapat dikerjakan (*workable*), kuat, tahan lama (*durable*) dan ekonomis. Pemeriksaan mutu agregat dimaksudkan untuk mendapatkan bahan-bahan campuran beton yang memenuhi syarat, sehingga beton yang dihasilkan nantinya sesuai dengan yang diharapkan. Agregat yang digunakan harus memenuhi spesifikasi teknis yang telah diterapkan di dalam kontrak kerja. Jika dilihat dari volume agregat dalam campuran beton, agregat memberikan kontribusi yang besar terhadap campuran.

Agregat normal harus memenuhi syarat mutu sesuai dengan SII 0052-80, “Mutu dan Cara Uji Agregat Beton” dan jika tidak tercantum dalam syarat ini

harus memenuhi syarat ASTM C.33-82, “*Standard Specification for Concrete Aggregates*”. Agregat ringan harus memenuhi syarat yang diberikan oleh ASTM C.330-80, “*Specification for Lightweight for Structural Concrete*”.

### **Agregat Normal menurut SII.0052 (ASTM C-33)**

#### **a. Agregat Halus**

- (1) Modulus Halus butir 1,5 sampai 3,8
- (2) Kadar lumpur atau bagian yang lebih kecil dari mikron (0.074 mm) maksimum 5 %.
- (3) Kadar zat organik yang terkandung yang ditentukan dengan menyampur agregat halus dengan larutan natrium sulfat ( $\text{NaSO}_4$ ) 3 % jika dibandingkan dengan warna standar/pembanding tidak lebih tua dari pada warna standar.
- (4) Syarat gradasi agregat halus harus memenuhi syarat seperti dalam Tabel 2.3 di bawah ini:

**Tabel 2.3 Syarat Mutu Agregat Halus Menurut ASTM C-33-95**

<b>Ukuran Lubang Ayakan (mm)</b>	<b>Persen Lolos Kumulatif</b>
9,5	100
4,75	95 – 100
2,36	80 – 100
1,18	50 – 85
0,6	25 – 60
0,3	10 – 30
0,15	2 - 10

Sumber : Teknologi Beton (Mulyono, 2005: 93)

#### **b. Agregat Kasar**

- (1) Modulus halus butir 6,0 sampai 7,1

- (2) Kadar lumpur atau bagian yang lebih kecil dari 70 mikron (0.074 mm) maksimum 1 %.
- (3) Syarat gradasi agregat kasar harus memenuhi syarat seperti dalam Tabel 2.4 di bawah ini:

**Tabel 2.4 Syarat Mutu Agregat Halus Menurut ASTM C-33-90**

Ukuran Lubang Ayakan (mm)	Persen Lolos Kumulatif
25,00	100
19,00	94,3
9,50	39,8
4,75	7,6
2,38	0

Sumber : Teknologi Beton (Mulyono, 2005: 94)

### 3. Pengujian Air

Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton. Air yang dapat diminum umumnya dapat digunakan sebagai campuran beton. Air yang mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula, atau bahan kimia lainnya, bila dipakai dalam campuran beton akan menurunkan kualitas beton, bahkan dapat mengubah sifat-sifat beton yang dihasilkan.

Semen tidak bisa menjadi pasta tanpa air. Air harus selalu ada di dalam beton cair, tidak saja untuk hidrasi semen, tetapi juga untuk mengubahnya menjadi suatu pasta sehingga betonnya lecah (*workable*). Air tawar yang dapat diminum umumnya boleh dipakai dan tidak terdapat yang aneh pada rasa, bau dan warna. Sesuai dengan pendapat yang menyebutkan bahwa:

BS 2148 menjelaskan bagaimana beton dengan air tertentu dibandingkan dengan beton dengan air suling. Pengujian initial set dan kuat tekan dilakukan untuk membandingkan kualitas air yang dipertanyakan dan dibandingkan dengan air suling (Nugraha, 2007: 244).

### **Syarat Mutu Air menurut *British Standard* (BS.3148-80)**

Berikut ini adalah kriteria yang harus dipenuhi oleh air yang akan digunakan sebagai capuran beton. Jika ketentuan-ketentuan di bawah ini tidak terpenuhi, sebaiknya air tidak digunakan untuk membuat campuran beton. Syarat-syarat tersebut antara lain adalah:

#### a. Garam-garam Anorganik

Ion-ion utama yang biasa terdapat dalam air adalah kalsium, magnesium, natrium, kalium, bikarbonat, sulfat, klorida, nitrat dan kadang-kadang karbonat. Gabungan ion-ion tersebut tidak boleh lebih besar dari 2000 mg per liter. Garam-garam anorganik ini akan memperlambat waktu pengikatan beton dan menyebabkan menurunnya kekuatan beton. Konsentrasi garam-garam tersebut hingga 500 ppm dalam campuran beton masih diijinkan.

#### b. NaCl dan Sulfat

Konsentrasi NaCl atau garam dapur sebesar 20000 ppm pada umumnya masih diijinkan. Air campuran beton yang mengandung 1250 ppm natrium sulfat,  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ , dapat digunakan dengan hasil yang memuaskan.

#### c. Air Asam

Air campuran asam dapat digunakan atau tidak berdasarkan konsentrasi asamnya yang dinyatakan dalam ppm (*parts per million*). Bisa atau tidaknya air

ini digunakan ditentukan berdasarkan nilai pH, yaitu suatu ukuran untuk konsentrasi ion hidrogen.

Air netral biasanya mempunyai pH sekitar 7.00. Nilai pH diatas menyatakan keadaan kebasaan dan nilai pH 7.00 menyatakan nilai keasaman. Semakin tinggi nilai asam (pH lebih dari 3.00), semakin sulit kita mengelola pekerjaan beton. Karena itu penggunaan air dengan pH diatas 3.00 harus dihindarkan.

#### 4. Pengujian Baja Tulangan

Beton tidak dapat menahan gaya tarik melebihi nilai tertentu tanpa mengalami retak-retak. Untuk itu, agar beton dapat bekerja dengan baik dalam suatu sistem struktur, perlu dibantu dengan memberinya perkuatan penulangan yang terutama akan mengemban tugas menahan gaya tarik yang bakal timbul di dalam suatu sistem.

Baja tulangan harus diuji sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

**Tabel 2.5 Jenis dan Kelas Baja Tulangan sesuai SII 0136-80**

Jenis	Kelas	Simbol	Batas Ulur Minimum N/mm <sup>2</sup> (kgf/mm <sup>2</sup> )	Kuat Tarik Minimum N/mm <sup>2</sup> (kgf/mm <sup>2</sup> )
Polos	1	BJTP24	235 (24)	382 (39)
	2	BJTP30	294 (30)	480 (49)
Deformasian	1	BJTD24	235 (24)	382 (39)
	2	BJTD30	294 (30)	480 (49)
	3	BJTD35	343 (35)	490 (50)

	4	BJTD40	392 (40)	559 (957)
	5	BJTD50	490 (50)	61 (63)

Sumber : Struktur Beton Bertulang (Dipohusodo, 1993: 14)

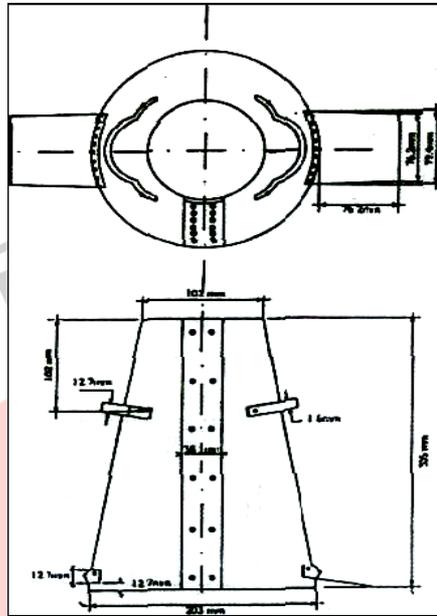
### 2.3.3 Pengujian Beton Segar

#### Pengujian Keleccakan

Keleccakan beton atau *workability* adalah kemudahan suatu campuran beton segar untuk dikerjakan dan dipadatkan. Tidak ada cara yang bisa langsung mengukur suatu kemudahan. Dulu keleccakan diukur secara visual saja, yaitu dengan kategori kaku (*stiff*), leccak (*workable*) dan plastis. Beton segar yang kaku berbentuk seperti tanah yang lembab, dan beton segar yang plastis berbentuk seperti lumpur tebal. Pengambilan contoh dan pengujian beton segar, percobaan atau pengujian ini dilaksanakan setelah komposisi dari suatu campuran beton didapatkan. Selanjutnya, dilakukan pengujian sifat-sifat dari beton segar dan pengaruhnya nanti setelah beton mengeras (PB, 1989: 23).

*Slump test* adalah pengujian beton segar untuk memperoleh nilai keleccakan beton, hal ini untuk mengetahui kemudahan yang diperoleh pada saat pengerjaan dan pemadatan dilaksanakan. Cara pengujiannya adalah kerucut diberdirikan di atas alas yang telah dibersihkan, kemudian beton segar dimasukkan ke dalam kerucut dengan sekop kecil, kira-kira sepertiga tinggi kerucut. Dengan menggunakan batang besi, beton ditumbuk sebanyak 25 kali sampai dasar. Tambahkan lapisan kedua dan tumbuk 25 kali dengan batang besi hingga sedikit menyentuh lapisan pertama (tidak sampai dasar). Lakukan hal yang sama untuk

lapisan yang ketiga. Setelah lapisan ketiga selesai ditumbuk, permukaan atas kerucut diratakan dengan cetok besi dan kelebihan beton dibersihkan.



**Gambar 2.3 Cetakan *Slump* Beton**

Angkat kerucut perlahan keatas dengan memegang kupingnya dalam waktu 5-7 detik. Balikkan kerucut dan letakkan di samping sampel beton segar. Rebahkan batang penumbuk di atas kerucut. Ukurlah perbedaan tinggi antara kerucut dan beton segar. Inilah tinggi dari slump. Misalnya perbedaan tingginya adalah 5 cm, maka nilai slump dari beton segar tersebut adalah 5 cm. Nilai slump bisa bervariasi dari nol untuk campuran yang kaku, sampai runtuh total untuk total untuk beton yang sangat cair.

Bila tidak terjadi *crumbling* atau *collapse* maka slump adalah indikasi kelembutan (*softness*) sebagai lawan kekakuan (*stiffness*) dari campuran. Runtuh (*collapse*) sering terjadi pada beton yang kurang pasir (*lean*), menandakan

rendahnya kohesi dan rendahnya kemampuan beton segar untuk berdeformasi plastis.

Uji *slump* berguna untuk mengecek adanya perubahan kadar air, bila material dan gradasi adalah seragam. Bila jumlah air adalah konstan dan kadar lengas agregat juga konstan, maka *slump test* berguna untuk menunjukkan adanya perbedaan pada gradasi atau adanya perbandingan berat yang salah.

**Tabel 2.6 Slump yang Disyaratkan untuk Berbagai Konstruksi (PBI 1971)**

<b>Pemakaian Beton</b>	<b>Maks</b>	<b>Min</b>
Dinding, plat pondasi, dan pondasi telapak bertulang	12,5	5,0
Pondasi telapak tidak bertulang, kaison dan struktur di bawah tanah	9,0	2,5
Pelat, balok, kolom dan dinding	15,0	7,5
Pengerasan jalan	7,5	5,0
Pembetonan masal	7,5	2,5

### 2.3.4 Pengujian Beton Keras

#### Pengujian Kuat Tekan

Beton tidak saja heterogen tetapi juga merupakan material yang anisotropis. Kekuatan bervariasi dengan alam dan arah dari tegangan terhadap bidang pengecorannya. Kekuatan tarik hanya sekitar 10-15% dari kekuatan tekan. Jenis kekuatan yang lain yang perlu adalah kekuatan geser, benturan, kelelahan dan kekuatan di bawah beban tetap (Nugraha, 2007: 257).

Di bawah tegangan triaksial, tegangan aksis maksimum bertambah dengan bertambahnya tegangan yang membatasi dari dua arah lain. Ini tercermin dari tegangan yang membatasi dari dua arah lain. Ini tercermin dari tegangan tumpu

(*bearing*) setempat yang diperbolehkan pada nilai yang lebih tinggi dari kekuatan tekan. Faktor ini harus juga dicatat ketika mempertimbangkan kinerja beton *in-situ* yang dihasilkan dari uji pengeboran adalah metode tekanan *unconfined*.

Ada berbagai alasan untuk melakukan pengujian beton keras:

1. Pada tingkat dasar untuk mengamati hukum fisik tentang sifat beton.

Mencari hubungan antara sifat fisik dan mekanik dari material beton dan sifat elastis dari kekuatan beton keras.

2. Menentukan sifat mekanis dari beton jenis tertentu untuk penerapan khusus. Uji ini dilakukan dengan simulasi kondisi yang akan dialami oleh beton tersebut.
3. Bila hukum fisik telah diketahui, perlu dilakukan evaluasi atas konstanta fisik, misalnya modulus elastisitas.
4. Yang paling umum, informasi rutin atas kualitas beton, dinamakan pengujian kontrol kualitas. Kecepatan dan kemudahan pengujian dapat lebih penting daripada akurasi yang sangat tinggi.

Kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. Peralatan yang digunakan dalam pengujian ini cetakan silinder diameter 152 mm dan tinggi 305 mm, tongkat pemadat, mesin pengaduk, timbangan, mesin tekan, dll.

Untuk mendapatkan benda uji harus diikuti beberapa tahapan dari beton segar yang mewakili campuran beton. Isi cetakan dengan adukan beton dalam 3 lapis, dimana setiap lapis dipadatkan dengan 25x tusukan secara merata, setelah

itu ratakan permukaan beton dan tutuplah dengan bahan kedap air. Kemudian biarkan 24 jam, setelah itu bukalah cetakan dan keluarkan benda uji, lalu rendam dalam bak perendam berisi air pada temperatur 25°C.

Untuk persiapan pengujian: ambil benda uji dari bak perendam tentukan berat dan ukuran benda uji. Lapis permukaan atas dan bawah benda uji dengan mortar belerang dengan cara sebagai berikut: lelehkan mortar belerang di dalam pot peleleh yang dinding dalamnya telah dilapisi tipis dengan gemuk, kemudian letakkan benda uji tegak lurus pada cetakan, benda uji siap diperiksa.

Prosedur pengujian melalui tahapan sebagai berikut: letakan benda uji pada mesin tekan secara sentris, dan jalankan mesin tekan dengan penambahan beban antara 2 sampai 4 kg/cm<sup>2</sup> perdetik. Lakukan pembebanan sampai benda uji menjadi hancur dan catatlah beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji lalu gambar bentuk pecah dan catatlah keadaan benda uji. Kemudian hitung kuat tekan beton yaitu besarnya beban per satuan luas.

$$\sigma_b : P / A \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

Ket:

P = beban maksimum (kg)

A = luas penampang benda uji (cm<sup>2</sup>)

(Sumber: SK SNI 03-1974-1990)

Hasil pengujian ini dapat digunakan dalam pekerjaan perencanaan campuran beton dan pengendalian mutu beton pada pelaksanaan pembetonan.

Kuat tekan beton yang diperoleh akan terus bertambah seiring dengan bertambahnya umur beton, dan tentu saja ini akan menjadi acuan yang mewakili seluruh campuran beton yang digunakan sebagai struktur bangunan. Pada hari ke-28 kekuatan beton dianggap sama pada hari selanjutnya, karena penambahan kekuatan beton setelah hari ke-28 bertambah namun pertambahannya sedikit.

